

**RASIONALISASI JARINGAN STASIUN HUJAN MENGGUNAKAN
METODE KAGAN – RODDA DENGAN MEMPERHITUNGGAN
FAKTOR TOPOGRAFI PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)
SAMPEAN, KABUPATEN BONDOWOSO, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PEMANFAATAN DAN
PENDAYAGUNAAN SUMBER DAYA AIR**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik



ANITA ANDRIYANI ADIHANINGRUM

NIM. 135060400111029

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

**RASIONALISASI JARINGAN STASIUN HUJAN MENGGUNAKAN
METODE KAGAN – RODDA DENGAN MEMPERHITUNGKAN
FAKTOR TOPOGRAFI PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)
SAMPEAN, KABUPATEN BONDOWOSO, JAWA TIMUR**

JURNAL

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PEMANFAATAN DAN
PENDAYAGUNAAN SUMBER DAYA AIR**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik



ANITA ANDRIYANI ADIHANINGRUM

NIM. 135060400111029

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan berkat dan anugerah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul **“Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan Menggunakan Metode Kagan – Rodda Dengan Memperhitungkan Faktor Topografi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Sampean, Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur”** ini dengan lancar.

Penyusunan laporan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh mahasiswa Teknik Pengairan Universitas Brawijaya guna memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Dalam kesempatan ini penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan segala rahmat serta kasih sayang-Nya kepada makhluk - makhluk - Nya
2. Ibu dan Bapak atas dukungan dan dorongan dalam menyelesaikan laporan Skripsi ini serta doa yang selalu dan tidak pernah lupa untuk diucapkan setiap malam.
3. Bapak Dr. Very Dermawan, ST, MT dan Ibu Dian Chandrasasi, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang dengan kesabaran memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan laporan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng Donny Harisuseno, ST, MT dan Bapak Dr. Ery Suhartanto, ST, MT selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan masukan positif.
5. Anggara Cahyo Wibowo, selaku teman dekat yang selalu memberikan semangat luar biasa selama masa pendidikan saya selama ini.
6. Fisabella, Shabrina, dan Yuvika yang selalu memberikan kritik, masukan positif serta motivasi selama masa pendidikan saya selama ini.
7. Keluarga Besar Mahasiswa Pengairan (KBMP) serta teman - teman angkatan 2013 yang telah membantu penyelesaian laporan skripsi ini.
8. Dan semua pihak yang telah membantu sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki sehingga saran dan kritik yang membangun sangatlah diharapkan demi kesempurnaan tulisan ini dan pekerjaan di masa mendatang. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Malang, 3 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Tujuan.....	4
1.6 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Jaringan Stasiun Penakar Hujan	6
2.3 Pengolahan Data Hujan	7
2.3.1 Pengisian Data Hujan yang Hilang	7
2.3.2 Uji Konsistensi Data.....	9
2.3.3 Penyaringan Data Hujan (<i>Screening</i>)	10
2.3.4 Uji Abnormalitas Data (<i>Inlier-Outlier Test</i>)	16
2.4 Analisa Curah Hujan Rerata Daerah/Wilayah.....	17
2.4.1 Cara Rata-rata Hitung.....	17
2.4.2 Cara Poligon <i>Thiessen</i>	18
2.4.3 Cara garis-garis <i>Isohyet</i>	19
2.5 Kerapatan dan Pola Penyebaran Stasiun Hujan	20
2.5.1 Standar WMO (<i>World Meteorological Organization</i>).....	22
2.5.2 Cara Sugawara.....	23
2.5.3 Cara Bleasdale.....	23
2.5.4 Cara Pancang Narayanan dan Stephenson	24
2.5.5 Cara Varshney	24
2.5.6 Cara Kagan-Rodda	25
2.6. Analisa Jaringan Kagan - Rodda	27
2.6.1 Koefisien Variasi.....	27
2.6.2 Koefisien Korelasi.....	27
2.6.3 Perencanaan Jaringan Kagan - Rodda	29
2.7 Analisa Regresi.....	31
2.7.1 Model Regresi Linier.....	33
2.7.2 Model Regresi Eksponensial	39
2.7.3 Model Regresi Berpangkat.....	39
2.7.4 Model Regresi Logaritmik	40
2.7.5 Model Regresi Polinomial.....	40

BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1 Lokasi Penelitian.....	41
3.2 Karakter Fisik dan Wilayah Penelitian	45
3.3 Data – data yang dibutuhkan.....	45
3.4 Tahapan Pengerjaan Studi.....	45
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Penyiapan Data	50
4.2 Pengolahan Data Hujan.....	51
4.2.1. Uji Konsistensi Data	51
4.2.2. Penyaringan (<i>Screening</i>) Data	53
4.2.3. Uji Abnormalitas Data Hujan (<i>Inlier – Outlier Test</i>).....	65
4.3 Analisa Curah Hujan Rerata Daerah/Wilayah	67
4.4 Evaluasi Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan	73
4.4.1 Standar WMO	73
4.5 Rasionalisasi Stasiun Hujan Metode Kagan Rodda.....	74
4.5.1. Modifikasi Rumus L Kagan-Rodda	94
4.6 Evaluasi Stasiun Hujan Metode Kagan – Rodda	94
4.7 Hubungan Jaringan Stasiun Hujan terhadap Aspek Topografi	97
4.7.1 Hubungan Aspek Topografi terhadap Curah Hujan	98
4.7.2 Hubungan antar Aspek Topografi Stasiun Eksisting Terpilih Kagan Rodda.....	104
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	111
5.1. Kesimpulan	111
5.2. Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Kn untuk Uji Outliers	17
Tabel 2.2	Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Seluruh Provinsi di Indonesia	22
Tabel 2.3	Kerapatan Minimum yang Direkomendasikan WMO	23
Tabel 2.4	Jumlah stasiun hujan optimal berdasarkan luas DAS cara Bleasdale	23
Tabel 2.5	ANOVA.....	35
Tabel 3.1	Data Stasiun Hujan DAS Sampean	42
Tabel 3.2	Tahapan Penyelesaian Studi	46
Tabel 4.1	Data Stasiun Hujan DAS Sampean	50
Tabel 4.2	Stasiun Pembanding untuk Uji Konsistensi Stasiun Sumber Dumpyong	52
Tabel 4.3	Uji Konsistensi Data Hujan pada Stasiun Hujan Sumber Dumpyong	52
Tabel 4.4	Perhitungan Koefisien Korelasi Peringkat Spearman Stasiun Hujan Sentral	55
Tabel 4.5	Perhitungan Uji Mann – Whitney Stasiun Hujan Sentral.....	56
Tabel 4.6	Rekapitulasi Ketidakadaan Trend Uji Korelasi Peringkat Metode Spearman ...	57
Tabel 4.7	Rekapitulasi Ketidakadaan Trend Uji Mann-Whitney	57
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Uji Kestabilan Rata-rata Stasiun Hujan Sentral.....	59
Tabel 4.9	Rekapitulasi Uji-t Stasiun Hujan di DAS Sampean	60
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Uji Kestabilan Varian Stasiun Hujan Sentral	62
Tabel 4.11	Rekapitulasi Uji F untuk α 5%	62
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Uji Persistensi	64
Tabel 4.13	Hasil Rekapitulasi Uji Persistensi	64
Tabel 4.14	Data Hujan Harian Maksimum Tahunan Stasiun Wringin.....	65
Tabel 4.15	Data Hujan Harian Maksimum Stasiun Wringin Terurut Nilai.....	67
Tabel 4.16	Luasan Pengaruh Stasiun Hujan DAS Sampean (Hasil Analisa Spatial SIG) .	70
Tabel 4.17	Perhitungan Curah Hujan Daerah Maksimum DAS Sampean Tahun 2006	72
Tabel 4.18	Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Harian Maksimum Tahunan metode <i>Polygon Thiessen</i> DAS Sampean	72
Tabel 4.19	Kerapatan Stasiun Hujan DAS Sampean	73
Tabel 4.20	Koefisien Variasi Curah Hujan Rerata Harian Maksimum	75
Tabel 4.21	Hasil Perhitungan Koefisien Korelasi antara Stasiun Hujan Blimbing dengan Stasiun Sentral	76
Tabel 4.22	Jarak Antar Stasiun dan Koefisien Korelasi	76
Tabel 4.23	Rekapitulasi Kesalahan Perataan (Z_1) dan Kesalahan Interpolasi (Z_3)	90
Tabel 4.24	Titik Koordinat Stasiun Hujan Eksisting dan Rekomendasi Kagan - Rodda...	92
Tabel 4.25	Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Rekomendasi Kagan-Rodda.....	93
Tabel 4.26	Evaluasi Pola Sebaran Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan - Rodda Berdasarkan $r_{(d)}$	95
Tabel 4.27	Evaluasi Pola Sebaran Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan Rodda Berdasarkan Jarak Antar Stasiun	96
Tabel 4.28	Titik Koordinat Stasiun Hujan Eksisting dan Rekomendasi Kagan – Rodda Hasil Modifikasi	97
Tabel 4.29	Rerata Hujan Tahunan Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan – Rodda.....	97
Tabel 4.30	Curah Hujan Terhadap Parameter Topografi Stasiun Hujan Kagan Rodda.....	98
Tabel 4.31.	Model Summary Model Regresi Elevasi terhadap Curah Hujan	102
Tabel 4.32.	Rekapitulasi Hasil Uji Autokorelasi Seluruh Model Regresi Linier	103
Tabel 4.33.	Rekapitulasi Hasil Uji Asumsi Klasik Seluruh Model Regresi Linier	104
Tabel 4.34.	Parameter Topografi Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan Rodda.....	105
Tabel 4.35.	Model Summary Model Regresi Elevasi terhadap Jarak	108
Tabel 4.36.	Run Test Seluruh Model Regresi	109

Tabel 4.37. Rekapitulasi Hasil Uji Autokorelasi Seluruh Model Regresi Linier.....	109
Tabel 4.38. Rekapitulasi Hasil Uji Asumsi Klasik Seluruh Model Regresi Linier.....	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva Massa Ganda.....	10
Gambar 2.2	Poligon <i>Thiessen</i>	19
Gambar 2.3	Korelasi antar stasiun hujan pada Suatu DAS	23
Gambar 2.4	Hubungan antara jumlah stasiun dan besar kesalahan rata-rata.....	30
Gambar 2.5	Contoh Jaringan Kagan-Rodda	30
Gambar 2.6	Sketsa Diagram Pencar	32
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian.....	43
Gambar 3.2	Peta Sebaran Stasiun Hujan DAS Sampean	44
Gambar 3.3	Diagram Alir Penyelesaian Studi.....	47
Gambar 3.4	Diagram Alir Kagan - Rodda.....	48
Gambar 3.5	Diagram Alir Penyelesaian Analisa Regresi Linear untuk Hubungan Aspek Topografi terhadap Jaringan Stasiun Hujan.....	49
Gambar 4.1	Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Sumber Dumpyong.....	53
Gambar 4.2	Grafik uji Inlier – Outlier Stasiun Hujan Wringin	67
Gambar 4.3	Tampilan Menu Awal <i>Software ArcMap</i> 10.1	68
Gambar 4.4	<i>Create Thiessen Box</i>	68
Gambar 4.5	Peta Polygon Thiessen DAS Sampean	69
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Antara Faktor Korelasi dengan Jarak Antar Stasiun.....	88
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Antara Jumlah Stasiun Dengan Z_1 dan Z_3	91
Gambar 4.8	Jaringan Stasiun Hujan Metode Kagan – Rodda	92
Gambar 4.9	Peta Poligon Thiessen Stasiun Hujan Rekomendasi Kagan – Rodda.....	93
Gambar 4.10	Peta Skema Jaringan Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan – Rodda..	96
Gambar 4.11	Peta Skema Jarak Stasiun Kagan-Rodda ke Outlet Sungai	98
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Elevasi terhadap Curah Hujan	99
Gambar 4.13	Grafik Hubungan Jarak terhadap Curah Hujan.....	99
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Slope terhadap Curah Hujan	100
Gambar 4.15	Normal Probability Plot Model Regresi Elevasi terhadap Curah Hujan	101
Gambar 4.16	Normal Probability Plot Model Regresi Jarak terhadap Curah Hujan....	101
Gambar 4.17	Normal Probability Plot Model Regresi Slope terhadap Curah Hujan...	102
Gambar 4.18	Scatterplot Uji Heterokedasitas Model Regresi Elevasi terhadap Curah Hujan	103
Gambar 4.19	Scatterplot Uji Heterokedasitas Model Regresi Jarak terhadap Curah Hujan	104
Gambar 4.20	Scatterplot Uji Heterokedasitas Model Regresi Slope terhadap Curah Hujan	104
Gambar 4.21	Peta Skema Jarak Stasiun Hujan Eksisting ke Outlet Sungai	105
Gambar 4.22	Grafik hubungan jarak terhadap elevasi	106
Gambar 4.23	Grafik hubungan jarak terhadap slope	106
Gambar 4.24	Normal Probability Plot Model Regresi Elevasi terhadap Jarak	107
Gambar 4.25	Normal Probability Plot Model Regresi Slope terhadap Jarak	107
Gambar 4.26	Scatterplot Uji Heterokedasitas Model Regresi Elevasi terhadap Jarak.	110
Gambar 4.27	Scatterplot Uji Heterokedasitas Model Regresi Slope terhadap Jarak....	110

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hujan DAS Sampean	115
Lampiran 2. Uji Konsisten Data Hujan Harian Maksimum Tahunan.....	117
Lampiran 3. Uji Konsisten Data Hujan Kumulatif Tahunan di DAS Sampean.....	130
Lampiran 4. Curah Hujan Tahunan DAS Sampean Sesudah Dikoreksi	142
Lampiran 5. Distribusi <i>t-student</i>	144
Lampiran 6. Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilitas $\alpha = 0,05$	145
Lampiran 7. Nilai t_c Pengujian Distribusi Normal.....	146
Lampiran 8. Uji Ketidakadaan Trend (Korelasi Peringkat Metode Spearman)	147
Lampiran 9. Uji Ketidakadaan Trend (Metode Mann-Whitney)	164
Lampiran 10. Uji Stationer (Uji T).....	181
Lampiran 11. Uji Stationer (Uji F).....	198
Lampiran 12. Uji Persistensi	215
Lampiran 13. Uji Abnormalitas Data (Inlier- Outlier)	232
Lampiran 14. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Harian Maksimum	244
Lampiran 15. Rekapitulasi Uji Penyaringan Data Kumulatif Tahunan Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan-Rodda	254
Lampiran 16. Uji Abnormalitas Data Kumulatif Tahunan Stasiun Hujan Eksisting Terpilih Kagan-Rodda	256
Lampiran 17. Tabel Durbin Watson.....	260
Lampiran 18. Peta Tataguna Lahan DAS Sampean	261
Lampiran 19. Survei Stasiun Hujan di DAS Sampean.....	262

RINGKASAN

Anita Andriyani Adihaningrum, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2018, *Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan Menggunakan Metode Kagan – Rodda Dengan Memperhitungkan Faktor Topografi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Sampean, Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur*, Dosen Pembimbing: Dr. Very Dermawan, ST, MT. dan Dian Chandrasasi, ST., MT.

Data hujan dalam analisa hidrologi merupakan hal yang utama. Kuantitas dan kualitas data pada stasiun hujan berpengaruh pada kegiatan analisa hidrologi, misalnya dalam memperkirakan besaran hujan yang terjadi dalam suatu DAS. Kesalahan dalam pemantauan data dasar hidrologi dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) akan menghasilkan data siap pakai yang tidak benar dan hasil perencanaan, penelitian, dan pengelolaan sumber daya air yang tidak efisien dan efektif, yang biasanya disebabkan oleh jumlah stasiun hujan dalam DAS yang kurang memadai atau tidak efektif dan pola penyebaran stasiun hujan yang tidak merata. Kondisi DAS Sampean saat ini mempunyai 34 stasiun dengan sebaran yang tidak merata dan kurang efektif dalam pemeliharaannya. Oleh karena itu diperlukan kajian rasionalisasi stasiun hujan di DAS Sampean dengan luas 1.244,18 km² untuk menganalisa jumlah dan pola penyebaran stasiun hujan guna mencapai kerapatan jaringan stasiun yang ideal sesuai standar WMO, perolehan informasi/data yang maksimum dan kesuksesan peramalan debit banjir

Studi ini menggunakan metode Kagan-Rodda dalam menentukan jumlah stasiun hujan dan pola sebaran stasiun hujan. Analisa akhir dalam studi ini ialah mencoba menemukan keterkaitan antara jaringan stasiun hujan terhadap faktor topografi yaitu elevasi, jarak dan kemiringan. Keterkaitan yang dimaksudkan adalah hubungan antara faktor topografi terhadap hujan yang turun, serta hubungan di antara parameter topografi tersebut.

Hasil analisa rasionalisasi stasiun hujan metode Kagan-Rodda berdasarkan data curah hujan rata-rata harian maksimum daerah dari metode *Polygon Thiessen*, didapatkan jumlah ideal stasiun hujan sesuai standar WMO adalah 12 buah stasiun hujan dengan nilai kesalahan perataan (Z_1) sebesar 9,1 % dan kesalahan interpolasi (Z_3) sebesar 19,4%. Faktor topografi (elevasi, jarak, slope) yang mempunyai hubungan yang paling kuat adalah elevasi dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,517 atau mempunyai pengaruh sebesar 51,7%, sisanya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti seperti garis lintang, arah angin, suhu, hubungan dengan deretan gunung, dan relief. Sedangkan hubungan antara parameter topografi yang mempunyai hubungan paling kuat adalah elevasi terhadap jarak dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,493 atau mempunyai pengaruh 49,3%.

Kata kunci: rasionalisasi, standar WMO, Kagan-Rodda, faktor topografi

SUMMARY

Anita Andriyani Adihaningrum, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2018, *Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan Menggunakan Metode Kagan – Rodda Dengan Memperhitungkan Faktor Topografi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Sampean, Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur*, Dosen Pembimbing: Dr. Very Dermawan, ST, MT. dan Dian Chandrasasi, ST., MT.

Rainfall data in hydrological analysis is the main thing. The quantity and quality of data at the rain gauges affect the hydrological analysis activities, for example in estimating the amount of rainfall occurring within a Watershed. Errors in data monitoring of basic hydrology in a Watershed will result in incorrectly prepared data and result in inefficient and effective of planning, research and management of water resources, usually caused by inadequate or ineffective number of rain gauges in the Watershed and uneven distribution pattern of rain gauges. Sampean Watershed condition currently has 34 stations with uneven distribution and less effective in maintenance. Therefore, it is necessary to study of rationalization rain gauges in the Sampean Watershed with an area 1.244,18 km² to analyze the number and patterns of rain gauges distribution in order to achieve the ideal of rain gages density according to WMO standard, the maximum information / data acquisition and the success of forecasting flood discharge.

This study used Kagan-Rodda method in determining the number of rain gauges and the rain gauges distribution pattern. The final analysis in this study is to try find the relationship between the rain gages network against the topography factors of elevation, distance and slope. The intended linkage is the relationship between the topographic factors to the descending rain, as well as the relationship between the topography parameters.

Result of rationalization analysis of rain gauges with Kagan-Rodda method based on data daily average maximum area from Polygon Thiessen method, got the ideal number of rain gauges according to WMO standard is 12 rain gages with relative root mean error (Z_1) is 9,1% and the value interpolation error (Z_3) is 19.4%. Topography factors (elevation, distance, slope) that have the strongest relationship is the elevation with the value of coefficient of determination (R^2) of 0.517 or has an influence of 51.7%, the rest is influenced by other factors not examined such as latitude, wind direction, temperature, relationship with rows of mountains, and reliefs. While the relationship between topography parameters that have the strongest relationship is the elevation to the distance with the value of coefficient of determination (R^2) of 0.493 or have influence 49.3%.

Keywords: rationalization, WMO standard, Kagan - Rodda, topography factors

*Teriring Ucapan Terima Kasih Kepada:
Ayah dan Ibu Tercinta
yang selalu memberikan doa dan motivasi tanpa henti
dalam menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir ini
serta teruntuk keluarga, sahabat, dan teman-teman Teknik Pengairan angkatan 2013*